

RGU-Photometrie der offenen Sternhaufen
NGC 559, 581, 637, 659 und Tr 1

Verkürzte Fassung der
Inauguraldissertation

zur

Erlangung der philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der
Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Basel

von

EMIL KRUŠPAN
aus Málinec

Gießen, 1959

Druck: Brühlsche Universitätsdruckerei Gießen

1959
2/



Digitized by the Internet Archive
in 2026

RGU-Photometrie der offenen Sternhaufen NGC 559, 581, 637, 659 und Tr 1

Verkürzte Fassung der
Inauguraldissertation

zur
Erlangung der philosophischen Doktorwürde
vorgelegt der
Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Basel

von
EMIL KRUŠPAN
aus Málinec

Gießen, 1959

Druck : Brühlsche Universitätsdruckerei Gießen

Genehmigt von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät auf Antrag
der

Herren Professoren W. BECKER und M. SCHÜRER.

Basel, den 19. Februar 1957.

gez. W. BECKER

Dekan

Herrn EMIL KRUŠPAN wurde von der Philosophisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Basel am 19. Februar 1957 erlaubt, diese verkürzte Fassung seiner am 19. Februar 1957 genehmigten Inauguraldissertation drucken zu lassen. Die vollinhaltliche Arbeit mit dem Titel:

**Die Grundlagen der Dreifarben-Photometrie
und
ihre Anwendung auf fünf Sternhaufen**

kann eingesehen oder entliehen werden:



1. in der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel;
2. in der Universitätsbibliothek Basel;
3. in der Schweizerischen Landesbibliothek in Bern.

Separatabdruck aus der Zeitschrift für Astrophysik.

Band 48, Seiten 1-8, Jahr 1959.

Mitteilungen der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel
Nr. 11

RGU-Photometrie der offenen Sternhaufen NGC 559, 581, 637, 659 und Tr 1

Von

EMIL KRUSPÁN, Basel

Mit 7 Textabbildungen

(Eingegangen am 29. April 1959)

In diesem Beitrag zur Lokalisierung der Spiralarme unseres Systems werden fünf galaktische Sternhaufen in der Cassiopeia nach der RGU-Photometrie untersucht. Die Ergebnisse sind in der Tab. 2 enthalten. — Der Katalog der Helligkeiten sowie die Karten der Sternhaufen erscheinen in einer anderen Mitteilung der Basler Sternwarte.

1. Die Beobachtungen

Für die vorliegende photometrische Untersuchung der galaktischen Sternhaufen NGC 559, 581, 637, 659 und Tr 1 standen 7 R-, 7 G- und 4 U-Platten zur Verfügung; sie wurden am 60/90 cm Schmidt-Fernrohr der Sternwarte Ann Arbor, Michigan, von F. D. MILLER und seinen Mitarbeitern im Herbst 1953 aufgenommen. Der größere Teil der Platten (4 R, 4 G und 4 U) wurde 10 Minuten (Grenzgröße $m_G \approx 16.5$ mag), die übrigen 2 Minuten belichtet. — Außerdem lagen 6 R-, 4 G- und 4 U-Platten vor, die mit dem großen Schmidt-Spiegel der Hamburger Sternwarte von J. STOCK im Winter und im Herbst 1956 mit 15 Minuten Belichtung (Grenzgröße $m_G \approx 15.5$ mag) aufgenommen wurden.

Die photometrischen *Messungen* wurden mit dem Irisblenden-Pult-Photometer der Basler Sternwarte (W. BECKER und C. BIBER, 1956) ausgeführt. Die *Genauigkeit* der Photometer-Einstellung beträgt ± 0.005 mag, so daß der Fehler einer im Katalog angegebenen Helligkeit praktisch nur durch die etwa zehnmal größere in den Platten enthaltene Streuung bestimmt ist.

Alle Sternhaufen wurden an NGC 663 angeschlossen, dessen Helligkeiten im RGU-System von W. BECKER und J. STOCK (1954) bestimmt worden waren. Zu diesem Zwecke wurden auf jeder Platte etwa 70 Sterne von NGC 663 mitgemessen. Der mittlere Fehler seines Nullpunktes beträgt ± 0.03 mag.

Die innere Genauigkeit der Helligkeiten kann durch das Gruppenmittel σ der mittleren Fehler s_K der Kataloghelligkeiten m_K charakterisiert werden:

$$\sigma = \frac{\sum_{K=1}^N s_K}{N}, \text{ mit } s_K = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_K} (m_i - m_K)^2}{n_K(n_K - 1)}},$$

wo n_K die Anzahl der die katalogisierte Helligkeit m_K repräsentierenden Einzelmessungen m_i und N die Anzahl der die Streuung σ vertretenden Abweichungen s_K bedeutet. Für Sterne mit $m_G < 15.5$ mag ist der

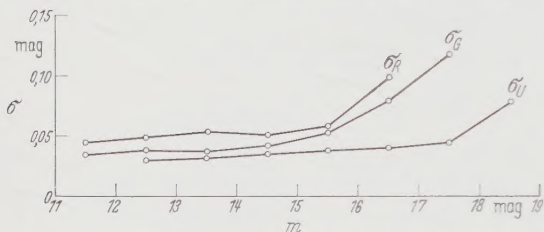


Abb. 1. Gruppenmittel σ der mittleren Fehler der Kataloghelligkeiten des offenen Sternhaufens NGC 581

mittlere Fehler im Durchschnitt etwa ± 0.05 mag für m_R , rund ± 0.04 für m_G und etwa ± 0.03 mag für m_U . Er wächst dann mit wachsender Größenklasse und ist für $m_G > 16$ mag so groß, daß diese Helligkeiten nur mit Vorsicht zu verwenden sind (Abb. 1).

Die Helligkeiten des Kataloges zeigen außerdem *systematische Fehler*. Konstruiert man nämlich für die Sternhaufen die Farben-Helligkeits-Diagramme und entnimmt ihnen die Farbenexzesse E_{UG} und E_{GR} , so findet man, daß das Verhältnis vom Sollwert 0.69 abweicht. Dieses Verhalten läßt auf Nullpunktsfehler schließen, da das Wellenlängengesetz der interstellaren Extinktion mit seltenen Ausnahmen überall das gleiche ist. — Die Farben-Helligkeits-Diagramme (besonders deutlich bei NGC 559 und NGC 659) zeigen außerdem an einzelnen Stellen (hauptsächlich bei den schwächsten Sternen) vom Normalverlauf abweichende

Neigungen der Äste. Dies läßt im allgemeinen auf „Helligkeitsgleichungen“ schließen.

Wir müssen uns hier mit der Feststellung solcher Fehler bei der Photometrie auf großen, der Gefahr der lokalen Afokussierung aus-

Tabelle 1
Korrekturen Δm an die Ann-Arbor-Helligkeiten

NGC	Δm_R	Δm_G	Δm_U
559	—0.15	+0.15	—0.15
581	—0.13	+0.13	—0.13
Tr 1	—0.08	+0.05	—0.08
637	—0.03	0.00	—0.03
659	—0.05	+0.01	—0.05

gesetzten Schmidt-Spiegel-Platten begnügen, da eine genauere Analyse nur mit photoelektrischen Messungen möglich ist, die uns nicht zur Verfügung stehen. Um die Farbenexzeß-Bedingung zu erfüllen, müssen an die gemessenen Helligkeiten Korrekturen angebracht werden, die in plausibler Weise auf die drei Spektralbereiche verteilt werden (Tab. 1).

Diese Korrekturen bedürfen im Zusammenhang mit der Aufstellung eines repräsentativen Systems des photometrischen Nullpunktes der Überprüfung.

2. Daten der Sternhaufen

Die Abb. 2 vermittelt den Lageplan der fünf hier untersuchten Sternhaufen sowie von NGC 663 und von NGC 654 (E. A. MÜLLER, 1955). Sie liegen zwischen δ und ε Cas in einer so sternreichen Gegend, daß einige von ihnen einfach den Eindruck von statistischen Verdichtungen erwecken.

Die Tab. 2 enthält die Daten der Sternhaufen. Das Zeichen E_{UG} bedeutet den kurzwelligen, E_{GR} den langwelligen Farbenexzeß und A_G die interstellare Extinktion der m_G -Helligkeiten eines zum Haufen gehörenden mittleren Sternes der absoluten Helligkeit $M_G = 1$ mag.

Die Entfernungen wurden nach der von W. BECKER und J. STOCK (1954) angegebenen Methode bestimmt. Infolge der

Unsicherheiten in den photometrischen Nullpunkten muß der mittlere Fehler der Entfernungen auf ± 100 pc abgeschätzt werden. Eine spätere Revision der Nullpunkte dürfte ihn reduzieren. Unter (T) sind die von TRÜMLER (1930) aus dem Winkeldurchmesser und dem linearen Durchmesser hergeleiteten Entfernungen mitgeteilt; sie wurden unter Zugrundelegung eines allgemeinen interstellaren Extinktionskoeffizienten von 0.67 mag/kpc (photographisch) berechnet.

Aus der (T)-Kolonne erkennt man, daß die Trümlerschen Entfernungen in 4 von 7 Fällen um mehr als das Vierfache unseres Fehlers (d. h. um mehr als 400 pc) von den unsrigen abweichen. Unsere Entfernungen versetzen alle Sternhaufen (bis auf NGC 559, der zum Spiralarm der Sonne gehört) in ein Gebiet, das nach den Messungen der 21 cm-Linie des Wasserstoffs vom nächstäußeren Spiralarm durchquert wird. Die Entfernungen von 4 Sternhaufen (bis auf NGC 559, 654 und 663) liegen in dem verhältnismäßig kleinen Intervall von 2.1 bis 2.4 kpc, während NGC 654 und 663 unmittelbar an der uns zugewandten Innenseite des Spiralarmes zu liegen kommen. Berücksichtigt man den Fehler von etwa ± 100 pc in den Entfernungen, so ergibt sich, daß die 4 Sternhaufen im Raume so dicht beisammen liegen, wie etwa die sonnennahen

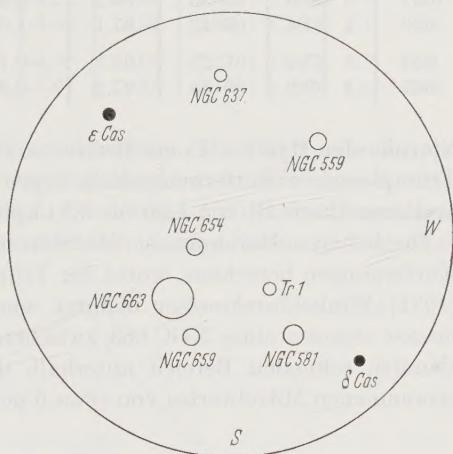


Abb. 2. Lageplan von sieben offenen Sternhaufen

Tabelle 2. *Daten von*

NGC	α	δ	l	b	Trümpler-Klasse	Winkeldurchmesser	
						TRÜMLER	COLLINDER
559	1h 22 ^m 8	62° 47'	94.9	+1.2	I2 m	6'	9
581	1 26.6	60 11	95.8	—1.3	II3 m	6.5	6
Tr 1	1 29.0	60 46	96.0	—0.6	I3 p	4.5	4
637	1 36.0	63 30	96.2	+2.2	II3 p:	3.5	2.5
659	1 37.4	60 12	97.1	—1.0	II2 p	5.0	4
654	1 37.2	61 23	96.8	+0.1	I2 p	5.5	5
663	1 39.2	60 44	97.2	—0.4	IV2 m	14	16

Sternhaufen Hyaden, Coma Berenices, Pleiaden und Praesepe. — In der Trümpferschen Entfernungsskala liegen die 4 Sternhaufen in dem viel breiteren Intervall von 1.96 bis 3.34 kpc.

Die linearen Durchmesser der Sternhaufen wurden mit den (RGU)-Entfernungen berechnet, wobei der Trümpfersche und der Collindersche (1931) Winkeldurchmesser benutzt wurde (T. und C.). Diese Durchmesser streuen ohne NGC 663 zwischen 1.5 und 4.5 pc, also in einem ziemlich schmalen Bereich unterhalb des für offene Sternhaufen angenommenen Mittelwertes von etwa 6 pc.

3. Farben-Helligkeits-Diagramme

In den Abb. 3 bis 7 sind die Farben-Helligkeits-Diagramme von NGC 559, 581, 637, 659 und Tr 1 angegeben. Sie wurden mit Hilfe der unkorrigierten Helligkeiten konstruiert. An sie sind für die Entfernungsbestimmungen daher noch die Korrekturen der Tab. 1 anzubringen.

Der Sternhaufen NGC 559 liegt in einer Sterngegend mit starker Extinktion (2.81 mag). Trotz seiner unscharfen geometrischen Konturen zeichnet er sich durch einige Sterne aus, welche deutlich heller sind als die Umgebung. Auf einem Areal von etwa 15' vereinigt er mehr als 70 ohne Konzentration verteilte Mitglieder, deren Häufigkeitsfunktion bei $m_G \approx 14.5$ mag deutlich einsetzt. Die Farben-Helligkeits-Diagramme, hauptsächlich das kurzwellige, zeigen die bereits genannte Helligkeitsgleichung bei den lichtschwachen Sternen (Abb. 3). Die Streuung der beiden Diagramme ist ungefähr gleich groß. Das Feld des Sternhaufens ist durch das Auftreten von mehr als zehn roten Riesen bei der 16 mag mit dem langwelligen Farbenindex $C_{GR} > 2.5$ mag bemerkenswert. Aufgrund der Diagramme allein läßt es sich nicht entscheiden, ob sie physische Mitglieder sind.

NGC 581, stark durch Extinktion abgeschwächt, liegt nahe bei δ Cas in einer sternreichen Gegend, von der er sich durch seine hellen Sterne deutlich abhebt, obwohl seine geometrischen Konturen nicht gut

7 offenen Sternhaufen

Grenzgröße m_G	Anzahl der Mitglied- sterne	Exzeß		Ext. A_G	$5 \log r - 5$	Entf. in 10^3 pc		Durchm. in pc	
		E_{UG}	E_{GR}			(T)	(RGU)	T.	C.
17.0	71	0 ^m 73	1 ^m 05	2 ^m 81	9.70	2.29	0.87	1.5	2.3
16.5	35	0.40	0.57	1.52	11.90	1.96	2.40	4.5	4.2
16.5	39	0.49	0.69	1.87	11.70	2.29	2.19	2.9	2.6
16.1	22	0.32	0.45	1.22	11.60	3.34	2.10	2.1	1.5
17.0	42	0.47	0.68	1.82	11.61	2.34	2.10	3.1	2.4
16.5	59	0.39	0.56	1.50	11.08	1.87	1.66	2.7	2.4
17.0	(97)	0.50	0.73	1.94	11.13	2.17	1.68	6.8	7.8

definiert sind. Den Hauptteil seiner Mitglieder (30) bildet eine Gruppe mit etwa 10' Durchmesser, zu der sich im Abstand von etwa 9' vom Zentrum 5 Außenseiter anschließen. Die Farben-Helligkeits-Diagramme (Abb. 4) sind sehr gut ausgebildet und haben geringe Streuung, besonders

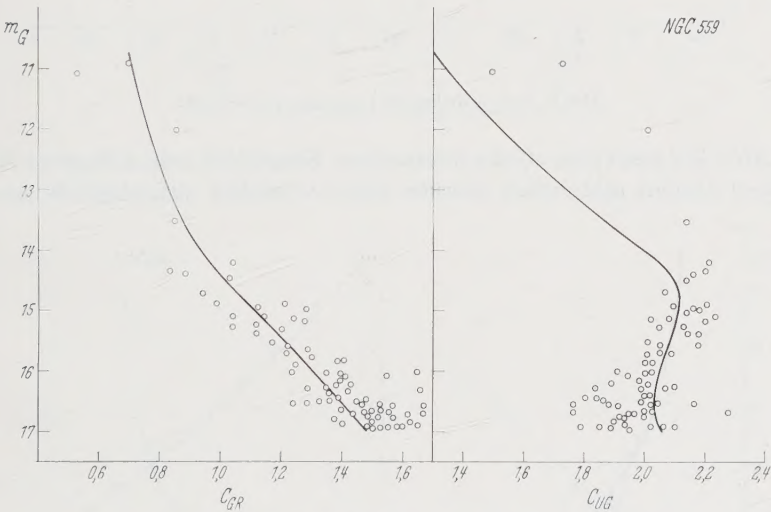


Abb. 3. Farben-Helligkeits-Diagramm von NGC 559

das kurzwellige. Das langwellige Farben-Helligkeits-Diagramm fängt mit dem senkrecht verlaufenden Teil des Astes früher B-Sterne an. Die vier hellsten und vermutlich die interessantesten Sterne (Nr. 1, 2, 3, 4) konnten wir nicht photometrieren, da ihre Beugungsfiguren überdeckt waren.

NGC 637, stark verfärbt, sternarm, liegt in einer sternarmen Gegend nahe ε Cas. Mit seinen hellen Sternen bildet er einen starken Kontrast gegen die Umgebung. Die 22 Mitgliedsterne sind höchstens 3' voneinander entfernt. Beide Farben-Helligkeits-Diagramme (Abb. 5) zeigen

bis auf die schwächsten Sterne eine geringe Streuung. Die Sterne des Haufens erstrecken sich mit gleichförmiger Häufigkeit über den ganzen untersuchten Bereich der Helligkeiten.

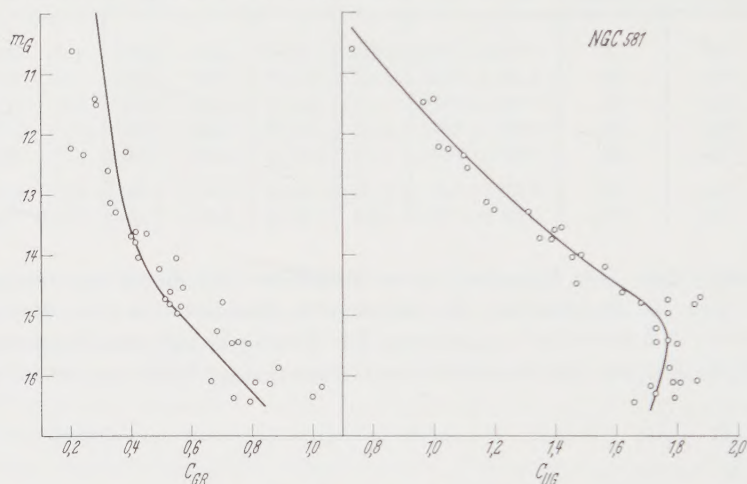


Abb. 4. Farben-Helligkeits-Diagramm von NGC 581

NGC 659 zeigt eine starke interstellare Extinktion von 1.82 mag. Mit seinen absolut sehr hellen Sternen fällt er deutlich auf, obgleich seine

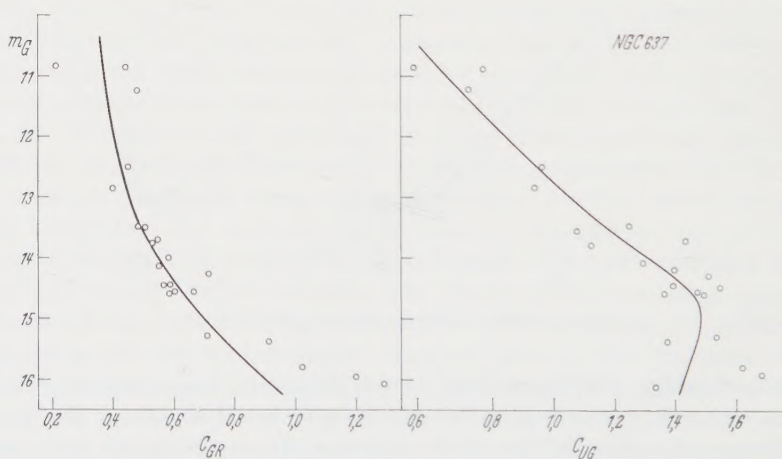


Abb. 5. Farben-Helligkeits-Diagramm von NGC 637

Umgebung sternreich ist. Die mehr als 40 physischen Mitglieder verteilen sich auf zwei Gruppen, von denen die erste 37 Mitglieder zählt und ein Areal von 4' ausfüllt, wogegen die übrigen Außenseiter in einer

Winkelentfernung von etwa 6' liegen. Beide Farben-Helligkeits-Diagramme (Abb. 6) zeigen eine etwas größere Streuung, besonders das kurzwellige, das bei diesem Haufen weniger gut profiliert ist.

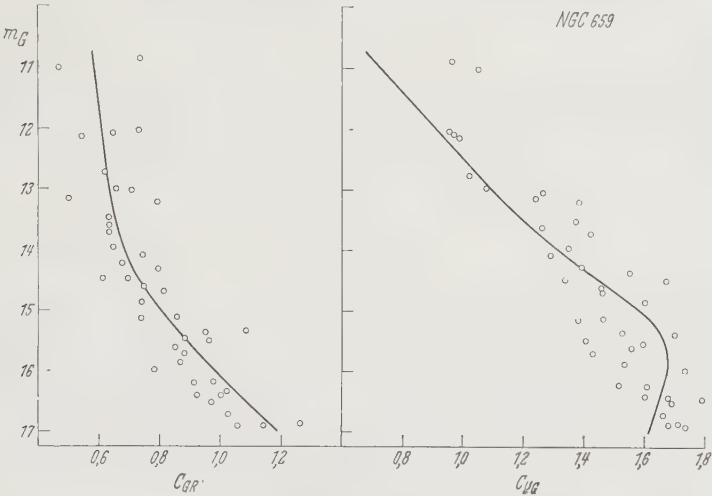


Abb. 6. Farben-Helligkeits-Diagramm von NGC 659

Der Sternhaufen *Tr 1*, stark abgeschwächt ($A_G = 1.87$ mag) und sternarm, ist mit seinen 7 in einer engen linearen Kette angeordneten hellen

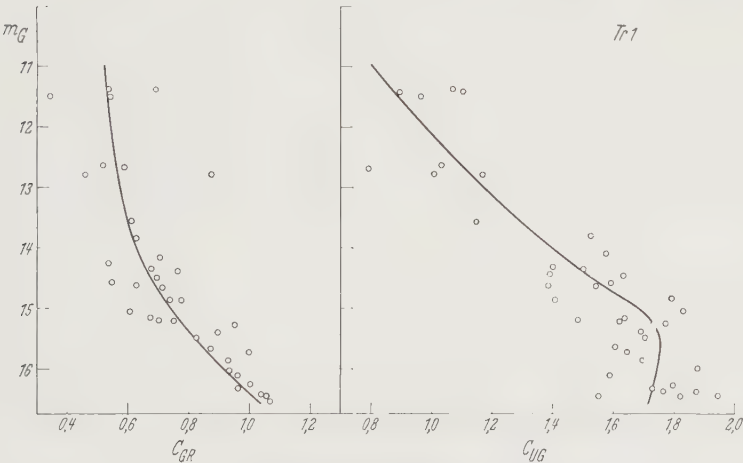


Abb. 7. Farben-Helligkeits-Diagramm von Tr 1

Sternen (deren Helligkeiten leider nur geschätzt werden konnten) deutlich von der Umgebung abgehoben. In einem Raumwinkel von 3' Durchmesser findet man 30 physische Mitglieder, zu denen sich

8 verstreute Außenseiter hinzugesellen. Das langwellige Farben-Helligkeits-Diagramm (Abb. 7) fängt mit dem senkrechten Teil des Astes früher B-Sterne an. Beide Diagramme zeigen eine große Streuung, für die der mittlere Fehler der Farbenindizes allein nicht verantwortlich sein kann.

Herrn Professor Dr. W. BECKER sage ich für die Anregung zu dieser Arbeit sowie für seine großzügige Hilfe herzlichen Dank. Herrn Professor F. D. MILLER und seinen Mitarbeitern von der Ann-Arbor-Sternwarte wie auch Herrn Dr. J. STOCK, Hamburg, bin ich für die Überlassung der Schmidt-Spiegel-Platten dankbar. Dem Schweizerischen Nationalfond zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung danke ich für seine Unterstützung.

Literatur

BECKER, W., u. C. BIBER: Das Irisblenden-Pultphotometer der Basler Sternwarte. *Z. Astrophysik* **41**, 52 (1956). — BECKER, W., u. J. STOCK: Drei-Farben-Photometrie von 11 offenen Sternhaufen, insbesondere solchen mit O- und frühen B-Sternen. *Z. Astrophysik* **34**, 1 (1954). — COLLINDER, P.: On structural properties of open galactic clusters and their spatial distribution. *Ann. Lund* **2**, B 3 (1931). — MÜLLER, EDITH A.: Dreifarben-Photometrie des offenen Sternhaufens NGC 654 und einer benachbarten Sterngruppe. *Z. Astrophysik* **38**, 110 (1955). — TRÜMPLER, R. J.: Preliminary results on the distances, dimensions and space distribution of open star clusters. *Lick Obs. Bull.* **14**, 154 (1930).

Dr. EMIL KRUŠPÁN, Astronomisch-Meteorologische Anstalt der Universität Basel, Binningen/Schweiz, Venusstr. 7

Curriculum vitae

Am 14. April 1921 wurde ich als Sohn des verstorbenen Kunstgraveurs Emil Krušpán und seiner verstorbenen Frau Barbara, geb. Strapko, in Málinec (Slowakei) geboren.

Nach Ablegung der Reifeprüfung (mit Auszeichnung) am Realgymnasium in Bratislava (Pressburg) im Mai 1939 studierte ich bei den Herren Professoren Ilkovič, Hronec und Kaucký Mathematik und Physik an der Universität Bratislava, wo ich die mathematisch-physikalische Staatsprüfung (mit Auszeichnung) ablegte. Da in Bratislava die Professur für die Astronomie unbesetzt war, studierte ich die anschliessenden drei Semester an der Universität Wien bei den Herren Professoren Hnatek, Prey und Thüring (Astronomie als Hauptfach), Mayrhofer und Hornich (Mathematik), Fues, Karlik und Ortner (Physik). Infolge der Kriegsergebnisse musste ich das Studium in Wien abbrechen und wurde Assistent am Astronomischen Institut der Universität Bratislava.

Im Frühling 1946 wurde ich als Stipendiat der Universität Bratislava zur astronomischen Ausbildung an die Universität Zürich gesandt, wo ich während drei Semestern bei den Herren Professoren Finsler, Fueter und Wentzel hörte. Nach dem Umschwung in der Slowakei musste ich aus finanziellen Gründen das Studium unterbrechen. Ich arbeitete manuell und ab 1949 als Privatlehrer in Mathematik, Physik und Astronomie. In der Zeit von Februar 1954 bis März 1955 war ich wissenschaftlicher Mitarbeiter in mathematischer Statistik am Institut für Waldbau der ETH in Zürich.

Im April 1955 übersiedelte ich nach Basel, wo ich die Astronomie bei Herrn Professor W. Becker und die theoretische Physik bei Herrn Professor M. Fierz hörte. Die vorgelegte Doktorarbeit verfasste ich unter der Anleitung von Herrn Professor W. Becker in der Astronomisch-Meteorologischen Anstalt der Universität Basel, wo ich seit 1955 als Assistent tätig bin.

